doi:10.13866/j.azr.2019.03.14

土壤水分胁迫对新疆大叶苜蓿构件生物量分配的影响①

柳 佳, 罗永忠, 陈国鹏
(甘肃农业大学林学院,甘肃 兰州 730070)

摘 要: 以新疆大叶苜蓿为试验材料,采用盆栽法揭示不同土壤水分胁迫(田间持水量的85%,65%,45%)下新疆大叶苜蓿构件生物量的变化状况。结果表明:① 轻度水分胁迫下,新疆大叶苜蓿干重生物量最高,主根最长,分枝数、叶片数最多;② 细根数量、干重生物量、构件占比和生长速率均呈现重度水分胁迫 > 轻度水分胁迫 > 充分供水的规律;③ 不同土壤水分胁迫使构件生物量的分配占比呈现不同规律,充分供水与轻度水分胁迫下遵循:茎构件 > 叶构件 > 根构件 > 花构件的规律,而重度水分胁迫下遵循:根构件 > 茎构件 > 叶构件 > 花构件的规律;④ 轻度水分胁迫下根茎比和地下与地上部分比最佳,植株适应干旱环境且生长健壮。该结果为揭示作物高效用水机制提供科学依据,为干旱、半干旱地区新疆大叶苜蓿的增产提供理论依据。

关键词: 新疆大叶苜蓿; 土壤水分胁迫; 构件; 生物量分配

土壤水分是影响植物生理生态特性及生长发育过程的重要生态因子[1-2],随着水资源危机和干旱化危害的不断加剧,植物如何适应干旱已成为全球研究的热点问题之一[3-7]。植株不同构件对不同环境因子的敏感度不同,导致生物量资源的分配不同。最优分配理论认为,当某一资源成为限制资源时,植物总是把代谢产物优先分配到能获得限制性资源的器官,如水分和养分限制植物生长时,植物倾向于将更多的生物量分配给地下构件;光照和温度限制植物生长时,植物倾向于将更多的生物量分配于地上构件[8-9]。因研究对象不同,不同土壤水分对生物量分配呈现不同的规律。对于生长在严峻生境的农作物而言,合理的生物量分配是生存生长乃至增产的重要前提,探寻其生物量分配有助于阐释其对土壤水分胁迫的适应机理。

紫花苜蓿(*Medicago sativa*)是干旱半干旱地区普遍种植且产业化发展前景良好的优良牧草品种[10],虽耐旱性强,但需水量高,每形成1 g的干物质需水700~800 g[11],故缺水仍是限制其生长及牧草产量的主要因素。新疆大叶苜蓿(*Medicago sativa* cv. Xingjiangdaye)是西北地区大面积种植的紫花苜蓿品种,土壤水分对其生长发育及构件生物量积累产生重要的影响,进而影响到其产量和品质。近几年来,汪精海等[12]比较了2个不同灌溉量的紫花苜蓿茎叶比和营养品质指标,指出充分灌溉量为80%时,紫花苜蓿的营养品质最高;罗永忠等[13]研究表明,在土壤水分含量为田间持水量的70%时,新疆大叶苜蓿的生物量最高;刘国利等[14]研究表明,新疆大叶苜蓿叶片水分利用率在50%田间持水量下最高,在75%田间持水量下最低。但从构件水平分析生物量的积累,明确光合产物的动态分配规律及各构件生物量及生物量与经济产量的关系[15-16]鲜有报道。本研究根据构件理论分析土壤水分胁迫下植物在生长发育过程中,通过调节构件资源分配,适应水分胁迫的生长环境,以达到生存与繁殖的目的,为其在干旱半干旱地区节水灌溉农业中的推广和种植以及为建立持久稳定高产的畜牧业草业生产体系提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

盆栽试验于2018年在甘肃农业大学校园内(103.69°E, 36.09°N,海拔1 534.2 m)进行,该区属于温带大陆性气候,2018年上半年平均气温10.8 ℃,春季第一场透雨和晚霜冻结时间均比往年同期偏早,该区全年日照时数平均2 446 h,无霜期180 d以上。

① 收稿日期: 2018-09-30; 修订日期: 2018-12-11
基金项目: 国家自然科学基金(31560238);甘肃省自然科学基金项目(17JR5RA145)和甘肃农业大学学科建设专项基金(GAU-XKJS-2018-111)资助
作者简介: 柳佳(1995-),女,在读硕士生,研究方向为水土保持与荒漠化防治. E-mail:2858129388@qq.com
通讯作者: 罗永忠. E-mail:493517987@qq.com

1.2 试验材料

本试验材料为甘肃农业大学草业学院提供的新疆大叶苜蓿(*Medicago sativa* cv. Xingjiangdaye)种子。

1.3 试验方法

采用盆栽观测方法。盆栽实验选用桶的规格为直径26 cm、深30 cm的圆柱形聚乙烯桶。每桶装8.0 kg过筛(筛孔为0.5 cm)的壤土,装土前,按1:4添加氮肥〔1 g尿素+4 g$(NH_4)HPO_4$〕,测得田间持水量为22.5%(重量含水量)。2017年4月1日播种,每桶播种50粒,出苗后定苗至20株。统一防治病虫害。次年3月27日返青(70%的植株出苗),4月9日分枝(70%的植株分枝),4月29日现蕾(60%枝条上有花蕾),5月16日开花(60%的植株开花)。

返青后用称重法控制土壤水分,试验设3个处理,即处理A(full water supply)为TA(土壤水分含量保持田间持水量的85%,实际含水量17.08%~19.25%)、处理B(light water stress)为TB(土壤水分含量保持田间持水量的65%,实际含水量12.16%~15.06%)、处理C(severe water stress)为TC(土壤水分含量保持田间持水量的45%,实际含水量7.67%~9.21%)。采用阶段性毁盆法研究各构件,以上各处理设4个重复,每个生长季共12盆,整个生育期共48盆。生育期内的全部降水用防雨棚遮盖,每天晚上用称重法均匀浇水,平衡桶重,并记录每天的耗水量。

选用不同土壤水分条件下生长中等的植株进行如下指标测定:

(1) 每个重复各选4桶,每桶各取3个植株,将其根系全部挖出连同其土坨带回实验室。用水浸泡去掉根部泥土,冲洗干净后,将每株植物的根、茎、叶和花构件分开,用烘干法分别测量植物细根(0.00 mm<D≤2.00 mm)、根构件、茎构件、叶构件、花构件的干重。

(2) 用卷尺测量其主根长、清点其分枝数、叶片数、细根数。

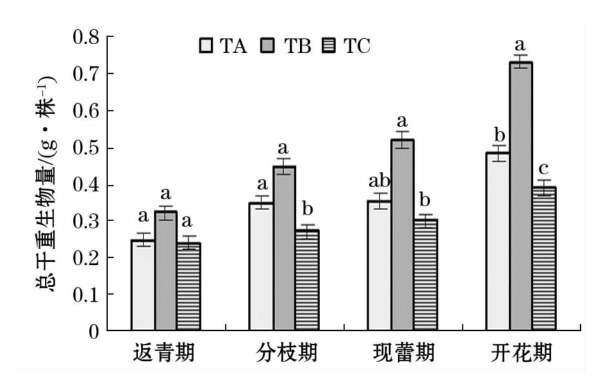
1.4 数据处理

利用Excel 2010整理数据,在SPSS 22.0下进行数据描述性统计及相关性分析,Excel 2010绘图。

2 结果与分析

2.1 水分胁迫下新疆大叶苜蓿总生物量变化

由图1所示,土壤水分胁迫下不同时期新疆大叶



注:不同字母表示差异显著(P<0.05)。下同。

图1 水分胁迫对新疆大叶苜蓿干重生物量的影响

Fig. 1 Effect of soil moisture stress on dry weight biomass of *Medicago sativa* cv. Xinjiangdaye

苜蓿生物量干重的变化,各处理依次为:TB>TA>TC。除现蕾期TB与TA之间差异显著之外(P<0.05),其余各生长季TB与TA均未形成显著性差异。但除返青期外,TB与TC之间差异显著(P<0.05)。比较TB和TA可知,TB促进植株生物量积累,进而增加产量;比较TB和TC可知,随着水分胁迫的加剧,新疆大叶苜蓿的生物量逐渐降低。

2.2 水分胁迫下新疆大叶苜蓿构件数量特征

从表1得出,生育期内主根长、分枝数、叶片数均遵循TB>TA>TC的规律,但细根数呈现与其他构件不同的变化规律:TC>TB>TA。整个生育期内,除主根长外,分枝数和叶片数在不同水分胁迫间差异显著(P<0.05);除返青期外,其他生长季细根数在不同水分胁迫间差异显著(P<0.05)。

2.3 水分胁迫对新疆大叶苜蓿细根的影响

如图2a所示,在整个生育期内,植株的细根干重生物量呈现相同的变化规律:TC>TB>TA。在返青期不同水分胁迫间差异不显著(P>0.05),但随着土壤水分胁迫的加剧和时间的延长,新疆大叶苜蓿细根干重生物量差异显著(P>0.05)。如图2b所示,在整个生育期,细根占比呈现相同的变化规律:TC>TB>TA。且植株细根占比均呈上升趋势,生长速率呈现“慢—快—慢”的变化规律,即初时生长缓慢,随后逐渐加快,然后又减缓的特征。

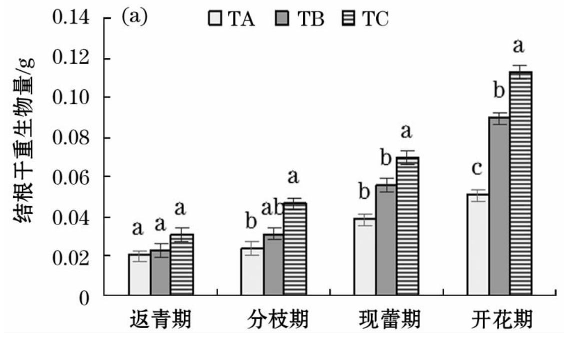
2.4 水分胁迫下新疆大叶苜蓿构件生物量分配特征

如图3所示,生育期内,TA与TB下构件生物量排序一致:茎构件>叶构件>根构件>花构件,且茎构件与根构件、叶构件、花构件之间生物量分配差异显著(P<0.05),但TC下构件生物量的排序:根构件>茎构件>叶构件>花构件,且根构件与茎构

表 1　土壤水分胁迫对新疆大叶苜蓿构件数量的影响

Tab. 1　Effect of soil moisture stress on the quantity of components of *Medicago sativa* cv. Xinjiangdaye

处理		TA	TB	TC
返青期	主根长/cm	13.091 7 ±4.406 7a	14.175 ±5.635 62a	11.325 ±4.318 28a
	分枝数	12.916 7 ±7.751 34ab	17.916 7 ±7.153 62a	9.916 7 ±4.358 03b
	叶片数	45.166 7 ±26.474 12b	84.5 ±26.474 12a	37.666 7 ±26.474 12b
	细根数	22.666 7 ±7.889 39a	23.333 3 ±4.499 16a	25 ±8.124 04a
分枝期	主根长/cm	13.391 7 ±4.917 77a	14.916 7 ±10.467 68a	12.516 7 ±4.520 22a
	分枝数	14.333 3 ±7.377 28ab	21.5 ±12.745 77a	12.916 7 ±4.461 11b
	叶片数	67.166 7 ±43.925 21ab	95.333 3 ±57.365 39a	43.333 3 ±26.578 64b
	细根数	18.166 7 ±7.941 07b	21.833 3 ±6.350 85ab	28.333 3 ±9.403 42a
现蕾期	主根长/cm	13.925 ±2.515 45a	15.625 ±3.182 66a	12.725 ±2.401 18a
	分枝数	16.75 ±5.029 46ab	22.75 ±11.112 03a	13.833 3 ±6.978 32b
	叶片数	71.666 7 ±32.368 15ab	107.916 7 ±61.393 6a	54 ±39.466 9b
	细根数	16.5 ±9.940 73b	21.083 3 ±9.709 02b	29.75 ±6.797 39a
开花期	主根长/cm	14.183 3 ±4.151 85a	16.058 3 ±1.834 74a	13.1 ±4.531 31a
	分枝数	17.666 7 ±8.391 92b	24.666 7 ±7.583 87a	15.25 ±7.605 32b
	叶片数	89 ±51.032 97ab	145.251 1 ±6.363 17a	74.166 7 ±32.439 69b
	细根数	16.25 ±9.186 21b	19.416 7 ±12.573 12b	32 ±10.206 95a



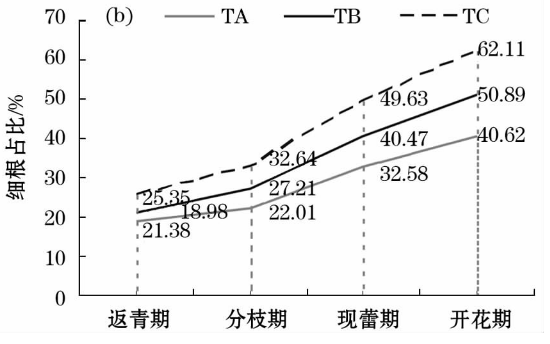


图 2　水分胁迫对新疆大叶苜蓿细根的影响

Fig. 2　Effect of soil moisture stress on fine roots of *Medicago sativa* cv. Xinjiangdaye

件、叶构件、花构件之间生物量分配差异显著($P<0.05$)。

求图 3 中生育期内各构件分配占比得出,在 TC 下,根构件(41%)>茎构件(31%)>叶构件(27%)>花构件(1%),在 TA 与 TB 下茎构件分配均占优势(44%),叶构件(30%)与根构件(25%)分配相近,花构件不足 1%。

2.5　土壤水分胁迫对新疆大叶苜蓿构件比的影响

如图 4a 所示,在返青期和分枝期,根茎比遵循 TC>TA>TB 的规律,但随着土壤水分胁迫的加剧,在现蕾期和开花期,植株的根茎比呈现 TC>TB>TA 的变化,且 TC 与 TB、TA 差异显著($P<0.05$)。如图 4b 所示,在前 3 个生长期内,植株地下部分与地上部分比遵循 TC>TA>TB 的规律,随着水分胁迫加剧,在开花期,植株地下部分与地上部分比呈现 TC>TB>TA 的变化,且 TC 与 TB、TA 差异显著($P<0.05$)。

3　讨 论

3.1　土壤水分胁迫对新疆大叶苜蓿生物量及构件数量的影响

植物生物量是衡量植物经济价值生产性能的重要指标。在干旱地区最大限度的提高其产量显得尤为重要,不同水分胁迫下新疆大叶苜蓿生物量有明显差异。本研究表明,生育期内干重生物量积累、主根长、分枝数、单株叶片数遵循 TB>TA>TC,结论与前人一致[13]。但 TB 下本文植株生物量干重是 TA 的 1.52 倍、TC 的 1.88 倍,高于前人研究,且在 TB 下,分枝数高于前人。表明不同水分处理对植株生物量积累和构件数量造成影响,且农田灌溉时将灌溉定额控制在 TB(土壤含水量为田间持水量的 65%)时,既满足植株对水分的需求,促进植株生长,积累生物量,从而获得最大产草量,又充分利用西北地区匮乏的水资源。

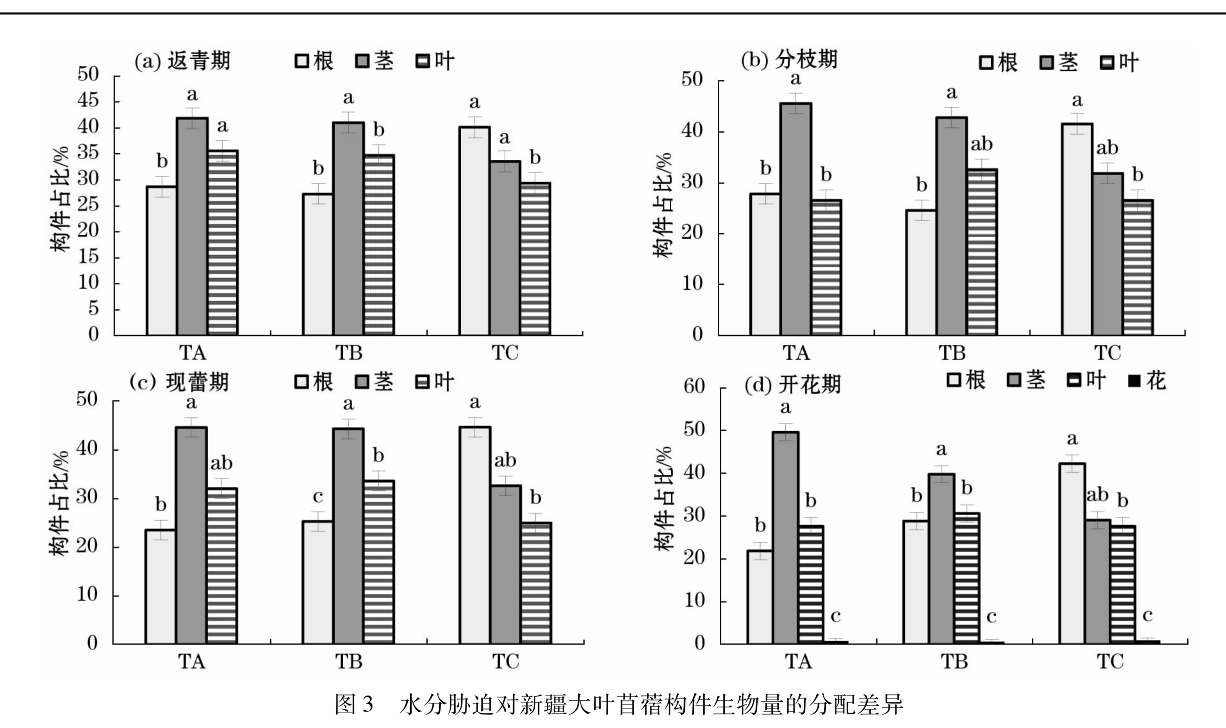


图 3　水分胁迫对新疆大叶苜蓿构件生物量的分配差异

Fig. 3　Effect of soil moisture stress on the distribution of component biomass of *Medicago sativa* cv. Xinjiangdaye

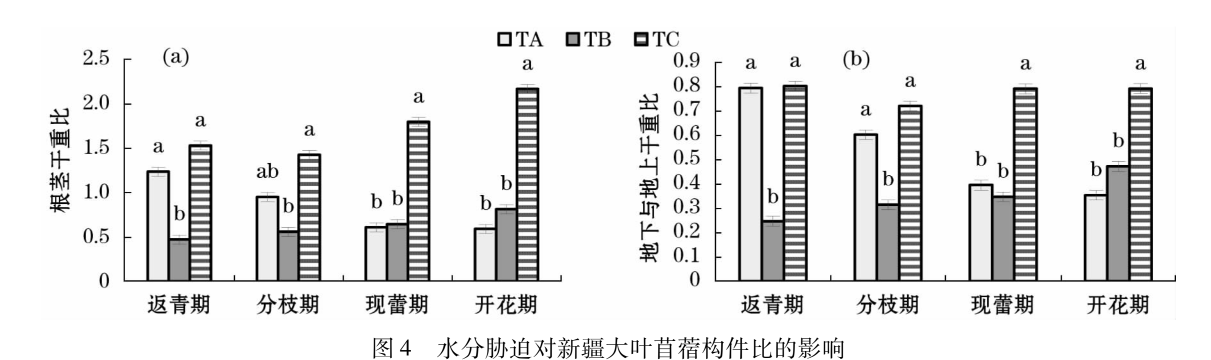


图 4　水分胁迫对新疆大叶苜蓿构件比的影响

Fig. 4　Effect of soil moisture stress on the component ratio of *Medicago sativa* cv. Xinjiangdaye

细根是根系最重要的组成部分[17]，是植物吸收养分和水分的主要器官，地下细根能把土壤中吸收的水分与养分运输到地上部分[18]，本研究表明细根数、干重生物量、构件占比、生长速率均与其他构件呈现不同的变化规律：TC > TB > TA；说明细根是植株主要的功能根，随着土壤水分胁迫的加剧，植株主根只能吸收纵向的土壤水分，故植株通过增加细根数来吸收横向土壤的水分。

3.2　土壤水分胁迫对新疆大叶苜蓿构件生物量分配及构件比的影响

资源利用假说认为，植物通过调整各构件的相对资源来保障其成功的生长发育[19-21]。本研究中，在 TA 与 TB 下均将绝大多数的生物量分配给了营养构件，其中茎构件分配到最高，叶构件次之，根构件最低，繁殖构件花分配到的生物量极少，表明植株在水分充足的环境下，优先地上构件的生长，以达到增加产草量的目的，新疆大叶苜蓿为多年生多茬次草本植物，故繁殖构件生物量低且水分胁迫对其分配未形成显著差异（$P > 0.05$）。生育前期，根构件干重生物量占比 TA > TB，随着时间的延长，TA 下根构件占比逐渐下降，TB 下根构件占比逐渐上升，后期规律相反，表明生育前期，充分供水使得根构件充分生长，而轻度水分胁迫无法提供根构件充分生长所需的大量水分，但随着控水时间延长，TA 使得土壤水分含量过高，导致土壤通气性较差，根系长期处于缺氧状态，甚至腐烂，从而根构件干重减少；而随着干旱的加剧，TB 下，根构件逐渐适应干旱环境，适当增加根构件来吸收土壤水分；但 TC 下，根分配的生物量最大，其次是运输物质的茎，再次是合成物质的叶，最后是繁殖构件花。表明当水分胁迫加剧时，植物的生长受到影响，根构件生长，以便于吸收更深层土壤的水分，叶片数量减少，有利于植物减少

蒸腾耗水,表现出对干旱的适应。郝虎东等[15]研究无芒雀麦表明,在生育后期,地上生物量的分配趋势为:营养枝茎 > 营养枝叶该结论与本文一致;但席溢等[22]研究表明,不同紫花苜蓿构件生物量的分配方式与本文 TC 下的规律一致,与 TA 与 TB 的分配规律不同,说明水分处理使得新疆大叶苜蓿构件生物量的分配呈现不同规律,重度水分胁迫下,为汲取植株生长发育所需的水分,优先根构件的生长;充分供水和轻度水分胁迫下,水分不是限制植株生长的因素,为提高牧草产量,优先地上构件的生长。

植物体地上生物量和地下生物量之间的相关性深刻影响到植物个体生长情况[23],而根茎比是生物量在地下 - 地上之间分配的直接体现[24]。在正常的环境条件下,植物的各构件比会遵循相应比例生长,在遭遇水分胁迫时,植株生物量分配会发生改变,帮助植物适应逆境。随着水分胁迫的加剧,植株的根茎比和地下部分与地上部分比均呈现 TC > TB > TA 的变化,由此可以表明,重度水分胁迫下,植株把较多的生物量分配给地下部分,促使植株增长主根来吸收更多的营养成分,保证植株的正常生长需求,从而来适应干旱环境。但整个生育期内,随着水分胁迫的加剧,TB 下,植株的根茎比和地上部分与地下部分比缓慢增长,说明植株生长越健壮,生长势越好,越能逐渐适应干旱的环境,但同时地上部分的生物量并没有显著的减少;TA 下,植株的根茎比和地上部分与地下部分比减少,说明植株徒长,叶片大而软,生长势差,植株把较多的营养成分都分配给了地上部分。随着水分胁迫的加剧,TB 下植株根茎比趋向于 1.0,表明 TB(土壤含水量为田间持水量的 65%)是植物生长最佳水分环境。

4　结 论

本文针对不同水分处理对新疆大叶苜蓿生物量分配的影响进行研究,结果表明轻度水分胁迫(土壤含水量为田间持水量的 65%)下,干重生物量积累、主根长、分枝数、单株叶片数最高。但细根数、干重生物量、构件占比、生长速率遵循重度水分胁迫 > 轻度水分胁迫 > 充分供水。不同水分胁迫导致新疆大叶苜蓿构件生物量分配呈现不同变化规律,充分供水与轻度水分胁迫:茎构件 > 叶构件 > 根构件 > 花构件;重度水分胁迫:根构件 > 茎构件 > 叶构件 > 花构件。轻度水分胁迫下根茎比和地下部分与地上部分比最佳,植株适应干旱环境且生长健壮。因此,轻度水分胁迫有利于提高干旱半干旱地区水资源利用效率和新疆大叶苜蓿的产量,且各构件生物量分配更加合理。

本研究只分析了土壤含水量变化对新疆大叶苜蓿生物量分配的变化规律,未考虑气候、茬次等对其生物量分配的影响。此外,新疆大叶苜蓿是多年生草本植物,本研究只分析了一个生育期植株对水分胁迫的响应关系,还需要采用多年多个生育期的数据对其进行验证和补充。

参考文献(References):

〔1〕 罗珠珠,牛伊宁,李玲玲,等. 陇中黄土高原不同种植年限苜蓿草地土壤水分及产量响应〔J〕. 草业学报,2015,24(1):31 - 38.〔Luo Zhuzhu,Niu Yining,Li Lingling,et al. Soil moisture and alfalfa productivity response from different years of growth on the Loess Plateau of center Gansu〔J〕. Acta Prataculturae Sinica,2015,24(1):31 - 38.〕

〔2〕 杨雪梅,杨太保,刘海猛,等. 气候变暖背景下近 30 a 北半球植被变化研究综述〔J〕. 干旱区研究,2016,33(2):379 - 391.〔Yang Xuemei,Yang Taibao,Liu Haimeng,et al. Vegetation variation in the North hemisphere under climate warming in the last 30 years〔J〕. Arid Zone Research,2016,33(2):379 - 391.〕

〔3〕 何凌仙子,贾志清,刘涛,等. 植物适应逆境胁迫研究进展〔J〕. 世界林业研究,2018,31(2):13 - 18.〔He Lingxianzi,Jia Zhiqing,Liu Tao,et al. Research progress in plants adaptability towards adversity stress〔J〕. World Forestry Research,2018,31(2):13 - 18.〕

〔4〕 夏振华,陈亚宁,朱成刚,等. 干旱胁迫环境下的胡杨叶片气孔变化〔J〕. 干旱区研究,2018,5(14):1 111 - 1 117.〔Xia Zhenhua,Chen Yaning,Zhu Chenggang,et al. Stomatal change in leaves of *Populus euphratica* under drought stress〔J〕. Arid Zone Research,2018,5(14):1 111 - 1 117.〕

〔5〕 杨文稼,王仕稳,李雨霖,等. 半干旱地区补充灌溉对冬小麦根系及耗水特征的影响〔J〕. 干旱区研究,2018,35(4):920 - 928.〔Yang Wenjia,Wang Shiwen,Li Yulin,et al. Effects of supplementary irrigation on root system and water consumption of winter wheat in semiarid region〔J〕. Arid Zone Research,2018,35(4):920 - 928.〕

〔6〕 张鑫,肖婷婷,李艰,等. 水分胁迫对美国红枫幼苗生长及叶色变化的影响〔J〕. 江苏农业科技,2016,44(3):224 - 227.〔Zhang Xin,Xiao Tingting,Li Jian,et al. Effects of water stress on growth and leaf color change of American red maple seedling〔J〕. Jiangsu Agricultural Science and Technology,2016,44(3):224 - 227.〕

〔7〕 包爱科,杜包强,王锁明. 紫花苜蓿耐盐、抗旱生理机制研究进展〔J〕. 草业科学,2011,28(9):1 700 - 1 705.〔Bao Aike,Du Baoqiang,Wang Suoming. Advances on physiological mechanisms of alfalfa resistant to salt and drought〔J〕. Pratacultural Science,2011,28(9):1 700 - 1 705.〕

〔8〕 高凯敏,刘锦春,梁千惠,等. 6 种草本植物对干旱胁迫和 CO_2 浓度升高交互作用的生长响应〔J〕. 生态学报,2015,35(18):6 110 - 6 119.〔Gao Kaimin,Liu Jinchun,Liang Qianhui,et al. Growth responses to the interaction of elevated CO_2 and draught stress in six annual species〔J〕. Acta Ecologica Sinica,2015,35(18):6 110 - 6 119.〕

〔9〕 陈斐,王润元,王鹤龄,等.干旱胁迫下春小麦干物质积累和分配及其模拟〔J〕.干旱区研究,2017,34(6):1 418－1 425.〔Chen Fei,Wang Runyuan,Wang Heling,et al. Dry matter accumulation and distribution of spring wheat under drought stress〔J〕. Arid Zone Research,2017,34(6):1 418－1 425.〕
〔10〕 彭岚清,李欣勇,齐晓,等.紫花苜蓿品种根部特性与持久性和生物量的关系〔J〕.草业学报,2014,23(2):147－153.〔Peng Lanqing,Li Xinyong,Qi Xiao,et al. The relationship of root traits with persistence and biomass in 10 alfalfa varieties〔J〕. Acta Prataculturae Sinica,2014,23(2):147－153.〕
〔11〕 徐向南,易津,于林清,等.紫花苜蓿抗旱性研究进展〔J〕.中国农学通报,2009,21(8):180－184.〔Xu Xiangnan,Yi Jin,Yu Linqing,et al. Advances on drought resistance of alfalfas〔J〕. Chinese Agricultural Bulletin,2009,21(8):180－184.〕
〔12〕 汪精海,齐广平,康燕霞,等.干旱半干旱地区紫花苜蓿营养品质对水分胁迫的响应〔J〕.草业科学,2017,34(1):114－116.〔Wang Jinghai,Qi Guangping,Kang Yanxia,et al. Effects of water stress on nutritional quality of alfalfa in arid and semiarid areas〔J〕. Pratacultural Science,2017,34(1):114－116.〕
〔13〕 罗永忠,李广.土壤水分胁迫对新疆大叶苜蓿的生长及生物量的影响〔J〕.草业学报,2014,23(4):213－219.〔Luo Yongzhong,Li Guang. The effect of water stress on growth and biomass of *Medicago sativa* cv. Xinjiang daye〔J〕. Acta Prataculturae Sinica,2014,23(4):213－219.〕
〔14〕 刘国利,何树斌,杨惠敏.紫花苜蓿水分利用效率对水分胁迫的响应及其机理〔J〕.草业学报,2009,18(3):207－213.〔Liu Guoli,He Shubin,Yang Huiming. The responses and mechanisms of water use efficiency to different water stresses of three alfalfa varieties〔J〕. Acta Prataculturae Sinica,2009,18(3):207－213.〕
〔15〕 郝虎东,田青松,石凤翎,等.无芒雀麦地上生物量及各构件生物量分配动态〔J〕.中国草地学报,2009,31(4):85－90.〔Hao Hudong,Tian Qingsong,Shi Fengling,et al. Biomass distribution and component biomass distribution in the field of agaricus plantagensis〔J〕. Journal of Chinese Grassland,2009,31(4):85－90.〕
〔16〕 黎云祥,刘玉成,钟章成.植物种群生态学中的构件理论〔J〕.生态学杂志,1995,14(6):35－41.〔Li Yunxiang,Liu Yucheng,Zhong Zhangcheng. Modular theory in plant population ecology〔J〕. Journal of Ecology,1995,14(6):35－41.〕
〔17〕 Liu C,Xiang W H,Lei P F,et al. Standing fine root mass and production in four Chinese subtropical forests along a succession and species diversity gradient〔J〕. Plant and Soil,2014,376(1/2):445－459.
〔18〕 程瑞梅,王瑞丽,肖文发,等.三峡库区马尾松根系生物量的空间分布〔J〕.生态学报,2012,32(3):823－832.〔Cheng Ruimei,Wang Ruili,Xiao Wenfa,et al. Spatial distribution of root biomass of *Pinus massoniana* plantation in Three Gorges Reservoir area,China〔J〕. Acta Ecologica Sinica,2012,32(3):823－832.〕
〔19〕 Kroon H D,Huber H,Stuefer J F,et al. A modular concept of phenotypic plasticity in plants〔J〕. New Phytologist,2005,166(1):73－82.
〔20〕 Poorter H ,Niklas K J,Reich P B,et al. Biomass allocation leaves,stems and roots:Meta-analyses of interspecific variation and environmental control〔J〕. New Phytologist,2011,193(1):30－50.
〔21〕 Willson M F. Plant Reproductive Ecology〔M〕. New York:John Wiley & Sons,1983:290－296.
〔22〕 席溢,聂朝松,徐彦红,等.4个紫花苜蓿品种生物量与植株构件的相关性研究〔J〕.种子,2017,36(11):85－89.〔Xi Yi,Nie Zhaohong,Xu Yanhong,et al. Research on correlation of biomass and plant modules in four varieties of alfalfa〔J〕. Seed,2017,36(11):85－89.〕
〔23〕 Hui D F,Jackson R B. Geographical and interannual variability in biomass partitioning in grassland ecosystems:A synthesis of field data〔J〕. New Phytologist,2006,169(1):85－93.
〔24〕 Enquist B J,Niklas K J. Global allocation rules for patterns of biomass partitioning in seed plants〔J〕. Science,2002,295(5 559):1 517－1 520.

Effects of Soil Moisture Stress on Biomass Allocation of *Medicago sativa* cv. Xinjiangdaye

LIU Jia, LUO Yong-zhong, CHEN Guo-peng
(*College of Forestry*,*Gansu Agricultural University*,*Lanzhou* 730070,*Gansu*,*China*)

Abstract: In this study,*Medicago sativa* cv. Xinjiangdaye was taken as the experimental material,and the pot culture experiment was adopted to reveal the change of component biomass of *Medicago sativa* cv. Xinjiangdaye under different soil moisture stresses (the field capacities were 85%,65% and 45% respectively). The results showed that:① Under slight water stress,the values of dry weight biomass,taproot length,branch number and leaf number of *Medicago sativa* cv. Xinjiangdaye were the highest;② The number,dry weight biomass,proportion and growth rate of fine roots of *Medicago sativa* cv. Xinjiangdaye were in an order of severe water stress > slight water stress > full water supply;③ The allocation proportion of component biomass under different soil water stresses was different. Under full water supply and slight water stress,the proportion was in an order of stem component > leaf component > root component > flower component;under the severe water stress,however,it was in an order of root component > stem component > leaf component > flower component;④ Under slight water stress,the rhizome ratio and the ratio between underground biomass and aboveground biomass were the best,and the plants adapted to the dry environment and could grow healthly. The study results could provide a scientific basis for revealing the efficient water use mechanism of crops and theoretical basis for increasing the yield of *Medicago sativa* cv. Xinjiangdaye in arid and semiarid regions.

Key words: *Medicago sativa* cv. Xinjiangdaye; soil water stress; component; biomass allocation